

VŠB – Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra energetiky

Návrh úspor tepelné energie při vytápění rodinného domu

**Proposal of Thermal Energy Reduction at Family House
Heating**

Student:

Veronika Sýkorová

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Radim Janalík, CSc.

Ostrava 2020

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra energetiky

Zadání bakalářské práce

Student:

Veronika Sýkorová

Studijní program:

B2341 Strojírenství

Studijní obor:

3904R016 Technika tvorby a ochrany životního prostředí

Téma:

Návrh úspor tepelné energie při vytápění rodinného domu
Proposal of Thermal Energy Reduction at Family House Heating

Jazyk vypracování:

čeština

Zásady pro vypracování:

Práce bude obsahovat:

- Teorii výpočtu tepelné ztráty budov
- Výpočet tepelné ztráty zadaného rodinného domu (RD)
- Návrh možností snížení tepelné ztráty RD
- Rešerše používaných izolačních materiálů u RD a tepelných vlastností oken
- Porovnání tepelné ztráty původního a optimalizovaného RD
- Porovnání nákladů na vytápění pro původní a optimalizovaný RD

Seznam doporučené odborné literatury:

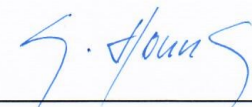
- [1] Novák, J.: Úspory energie v rodinných domech a bytech. Grada Publishing, Praha 1999.
- [2] Řehák, J., Janouš, A.: Tepelné ztráty budov a možnosti jejich zmenšování. Praha, 1985.
- [3] Humm, O.: Nízkoenergetické domy. Praha: Grada, 1999.
- [4] Dufka, J.: Vytápění domů a bytů, 2.vydání. Grada Publishing, s.r.o., Praha 2004.
- [5] Nožička, J.: Termomechanika. ČVUT Praha, 2001.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Radim Janalík, CSc.**

Datum zadání: 20.12.2019

Datum odevzdání: 18.05.2020



doc. Ing. Stanislav Honus, Ph.D.
vedoucí katedry



prof. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedla jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě dne 18. května 2020

Sýkorová Veronika

Prohlašuji, že:

- jsem si vědoma, že na tuto moji závěrečnou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. Zákon o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (dále jen Autorský zákon), zejména § 35 (Užití díla v rámci občanských či náboženských obřadů nebo v rámci úředních akcí pořádaných orgány veřejné správy, v rámci školních představení a užití díla školního) a § 60 (Školní dílo),
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠB-TUO“) má právo užít tuto závěrečnou bakalářskou práci nekomerčně ke své vnitřní potřebě (§ 35 odst. 3 Autorského zákona),
- bude-li požadováno, jeden výtisk této bakalářské práce bude uložen u vedoucího práce,
- s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 Autorského zákona,
- užít toto své dílo, nebo poskytnout licenci k jejímu využití, mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše),
- beru na vědomí, že - podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů - že tato bakalářská práce bude před obhajobou zveřejněna na pracovišti vedoucího práce, a v elektronické podobě uložena a po obhajobě zveřejněna v Ústřední knihovně VŠB-TUO, a to bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě dne 18. května 2020

Sýkorová Veronika

Jméno a příjmení autora práce: Veronika Sýkorová

Adresa trvalého pobytu autora práce: ČSA 1047, Bohumín 735 81

Poděkování

Děkuji Ing. Radimu Janalíkovi, CSc. za cenné připomínky a rady při vypracování této bakalářské práce.

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Sýkorová, V. *Návrh úspor tepelné energie při vytápění rodinného domu: bakalářská práce*. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra energetiky, 2020, 35 s. Vedoucí práce: Janalík, R.

Bakalářská práce se zabývá návrhem úspor tepelné energie při vytápění rodinného domu. Jedná se o rodinný dům na Karvinsku s jedním podlažím. Návrh úspor tepelné energie je i pro optimalizovaný rodinný dům. Tepelná ztráta rodinného domu původního i optimalizovaného je počítána normou ČSN 06 0210. Bakalářská práce je dále zaměřena na snížení spotřeby tepla, snížení nákladů na vytápění pomocí dalších vrstev izolace. Druhy izolací jsou součástí práce. Práce obsahuje i tepelné vlastnosti oken a dveří, které rovněž ovlivňují snížení nákladů na vytápění. Závěr bakalářské práce odkazuje na porovnání tepelných ztrát obou domů.

ANNOTATION OF BACHELOR THESIS

Sýkorová, V. *Proposal of Thermal Energy Reduction at Family House Heating: Bachelor Thesis*. Ostrava: VŠB – Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Department of Power Engineering, 2020, 535 p. Thesis head: Janalík, R.

The bachelor's thesis deals with the design of Thermal energy savings in heating a family house. It is a family house in the Karviná region with one floor. The proposal for Thermal energy savings is also for optimized family house. The heat loss of the original and optimized family house is calculated by the ČSN 06 0210 standard. The bachelor thesis is also focused on reducing heat consumption, reducing heating costs using additional layers of insulation. Types of insulation are part of the thesis. The thesis also includes the thermal properties of windows and doors, which also affect of Reduction of heating costs. The conclusion of the bachelor thesis refers to the comparison of heat losses of both houses.

Obsah

Úvod	9
1 Současný stav rodinného domu	10
1.1 Plynový kotel VIADRUS NK17 (1996)	12
1.2 Zemní plyn	12
2 Výpočet tepelných ztrát (teoreticky)	13
2.1 Podklady pro výpočet tepelných ztrát budov a místností.....	14
2.2 Tepelná ztráta obalovými konstrukcemi	15
2.2.1 Součinitel prostupu tepla	15
2.2.2 Součinitel tepelné vodivosti.....	16
2.3 Výpočet celkové tepelné ztráty	16
2.3.1 Tepelná ztráta prostupem tepla	16
2.3.2 Tepelná ztráta větráním (infiltrací)	18
3 Výpočet tepelných ztrát dle ČSN 06 0210.....	21
3.1 Výpočet tepelné ztráty.....	22
4 Používané izolační materiály u RD	26
4.1 Pěnové materiály	26
4.1.1 Pěnový polystyrén.....	26
4.1.2 Šedý polystyrén.....	27
4.1.3 Extrudovaný polystyrén	27
4.1.4 Pěnový polyuretan	27
4.1.5 Pěnové sklo	27
4.2 Vláknité materiály	27
4.2.1 Skleněná vlna	27
4.2.2 Minerální vlna	28
4.2.3 Dřevovláknité desky	28
5 Tepelné vlastnosti oken	29
5.1 Součinitel prostupu tepla oknem a dveřmi	29

6	Optimalizovaný RD	30
7	Porovnání tepelných ztrát obou RD.....	34
7.1	Porovnání ceny za vytápění obou RD	34
	Závěr	39
	Seznam použitých veličin	40
	Seznam zdrojů.....	42
	Seznam obrázků a tabulek.....	45

Úvod

Tepelná a elektrická energie jsou dvě nejvyužívanější energie v civilní i bytové výstavbě. Tepelná energie v rodinných domech je vyráběna v zařízeních, jako jsou kotle, tepelná čerpadla atd. V naší zeměpisné šířce musí být obytné části v některých měsících vytápěny.

V této práci se zaměřuji na výpočet tepelných ztrát rodinného domu a následně porovnání těchto ztrát s rodinným domem, který je optimalizovaný. Výpočet tepelných ztrát počítám dle normy ČSN 06 0210. Dále porovnávám roční náklady na vytápění obou domů.

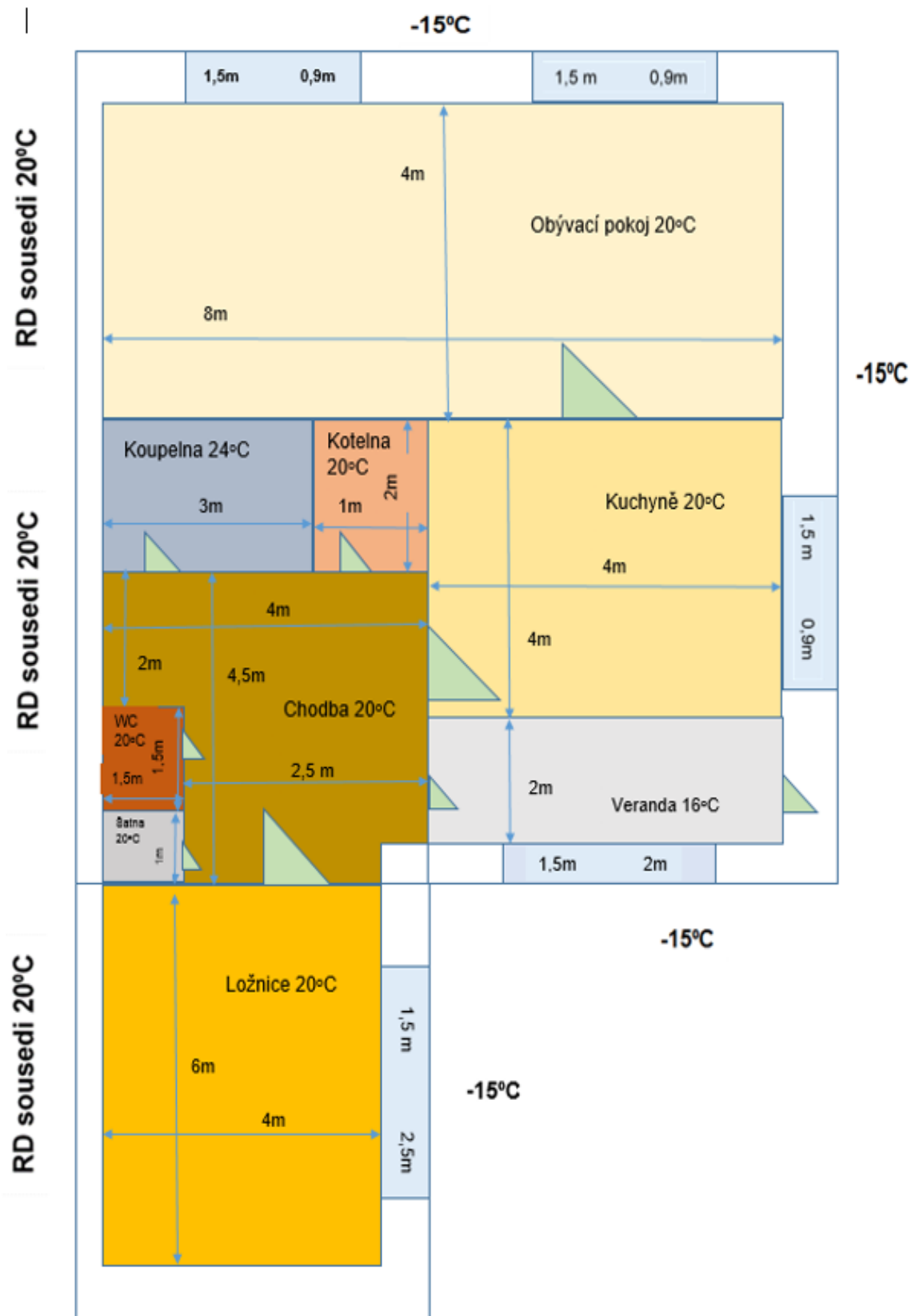
Práce obsahuje doporučené izolační materiály, které slouží k zateplování obvodových stěn, popř. střech a podlah. Důležitou součástí jsou i tepelné vlastnosti oken a dveří. V poslední části práce jsou další možnosti úspory, jako je regulace teploty, provoz budovy, rekuperace tepla, využití tepelného zisku a sdružená výroba teplé užitkové vody.

1 Současný stav rodinného domu

Rodinný dům, pro který budu navrhovat úsporu tepelné energie, je postaven v Bohumíně, městské části Pudlov. Bohumín se nachází na Karvinsku. Jeho nadmořská výška je 198 m. Klimatické podmínky jsou stejné jako v celém Moravskoslezském kraji. Dům má plastová okna, která byla instalována od roku 2006 do roku 2008. Střecha je stará 10 let. Dům je od roku 2008 zateplen polystyrenem. Stěny domu jsou z betonu ze škváry. V domě je jen jedno patro, které se vytápí. Toto patro tvoří celkem dva obytné pokoje (ložnice a obývací pokoj), kuchyně, koupelna, WC, kotelna, veranda a šatna. Součástí domu je i půda, ta se ale nevytápí. Tepelná ztráta bude počítána ve všech místnostech. V místnostech jako je WC, šatna, koupelna, kotelna a chodba bude počítána tepelná ztráta jen přes podlahu a strop, protože místnosti oddělují nosné stěny (místnosti sousedí s vedlejším RD), přes které tepelná ztráta není. V těchto místnostech je (kromě koupelny a verandy) 20 ° C (i v chodbě). Koupelna je vytápěna na 24 ° C a veranda na 16°C. Dům je vytápěn plynovým kotlem.



Obrázek 1.1 – Modelový dům z boku [Autor]



Obrázek 1.2 – Schéma místností rodinného domu [Autor], rozměry všech dveří jsou 1,97 m a 0,9 m

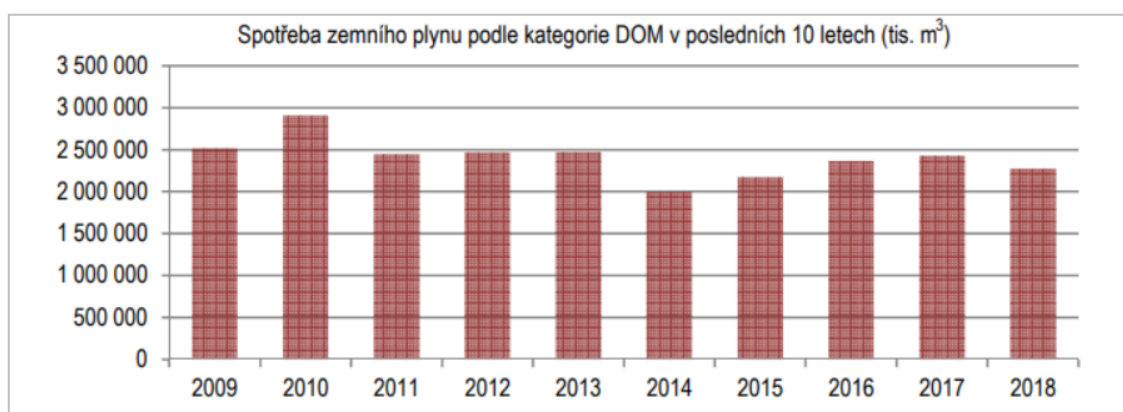
1.1 Plynový kotel VIADRUS NK17 (1996)

Plynový kotel je současným zdrojem vytápění a teplé užitkové vody. Tento kotel je určen zejména pro rodinné domy a rekreační budovy. Modulaci výkonu hořáku 13–18 kW plynule reguluje svůj výkon podle potřeb vytápění. Zvýšeným výkonem 25 kW umožní spolehlivý ohřev teplé užitkové vody. Kotel je vybaven přepínačem pro provoz v letním a zimním období.

Kotel je osazen měděným výměníkem a hořákem zajišťujícím dosažení příznivých hodnot spalování. Spolehlivý a bezpečný provoz je hlídán zapalovací a ionizační automatikou INECO 800 a elektronikou, která zabezpečuje hospodárny provoz.

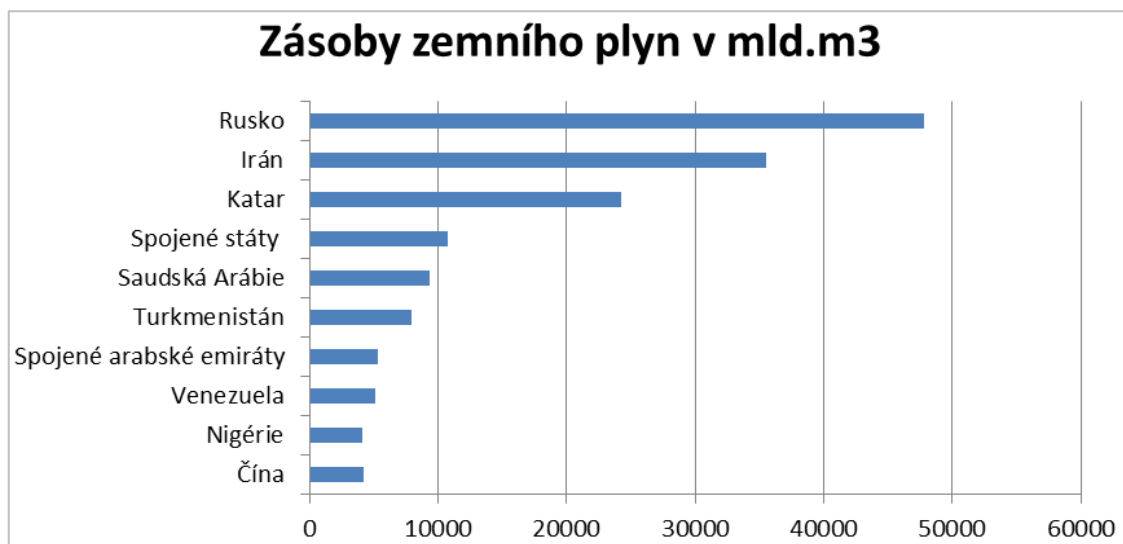
1.2 Zemní plyn

Plynový kotel VIADRUS NK17 funguje na zemní plyn. Zemní plyn je fosilní palivo. Zemní plyn obsahuje 75–99% metanu (CH_4). Ložiska tohoto plynu jsou převážně v Rusku a v Severním moři. Výhřevnost zemního plynu je 33,48 MJ/m³. Zemní plyn se těží společně s ropou, nebo se uvolňuje při těžbě černého uhlí. Je také původně zcela bez zápachu. Zápach se do něj přidává záměrně, aby byl snadno poznat jeho únik. Zemní plyn je využíván převážně v domácnostech. Je používán také jako zdroj tepla při spalování ve výtopnách, teplárnách a tepelných elektrárnách. V ČR spaluje plyn jen paroplynová elektrárna Vřesová a paroplynová elektrárny Počerady. Zemní plyn je považován za ekologické palivo. Transportuje se přes plynovody.



Obrázek 1.3 – Spotřeba zemního plynu od roku 2009 do roku 2018

Zdroj: <https://energetika.tzb-info.cz/19606-spotreba-zemniho-plynu-v-roce-2018>



Obrázek 1.4 – Zásoby zemního plynu ve světě v mld. m³

Zdroj: <https://energetika.tzb-info.cz/13112-zemni-plyn-v-rusku>

2 Výpočet tepelných ztrát (teoreticky)

K výpočtu tepelných ztrát používám normu ČSN 06 0210 (1994–2008) [22], která je sice zrušena, ale není za ni náhrada. Proto se běžně používá dál.

Tato norma stanovuje postup výpočtu tepelných ztrát budov prostupem tepla stěnami a větráním (infiltrací) za přibližně stacionárních podmínek při nepřerušovaném vytápění jako podklad pro dimenzování otopných soustav ústředního vytápění a pro stanovení tepelné charakteristiky budovy podle ČSN 73 0540:1994.

Norma neplatí pro výpočet tepelných ztrát prostorů vytápěných sálavými plochami. V těchto případech lze vycházet pouze ze zásad obsažených v této normě. Norma se nevztahuje ani na výpočet potřeby tepla pro úpravu vzduchu při klimatizaci.

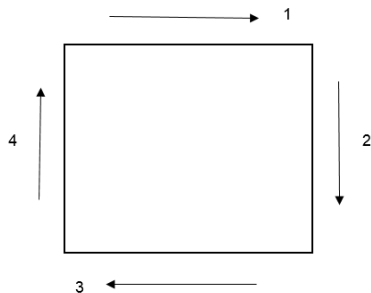
Tepelná ztráta vytápěného prostoru je rovna součtu tepelné ztráty prostupu tepla a tepelné ztráty větráním. Tepelná ztráta prostupem je množství tepla, které prochází konstrukcí v důsledku rozdílu teplot (vnitřní a vnější teplota). Velikost ztráty tepla prostupem závisí na ploše, na součiniteli prostupu tepla a na rozdílu teplot. Tepelná ztráta větráním je způsobena potřebnou výměnou vzduchu, která zabraňuje shromažďování škodlivých látek v prostoru.

2.1 Podklady pro výpočet tepelných ztrát budov a místností

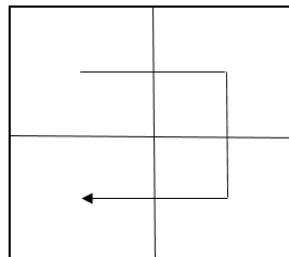
Pro výpočet tepelných ztrát budov při ústředním vytápění jsou nutné tyto podklady:

- a) situační plán,
- b) půdorysy jednotlivých podlaží,
- c) světlé a konstrukční výšky podlaží,
- d) tepelně technické vlastnosti stavebních konstrukcí podle ČSN 73 0540:1994,
- e) součinitel spárové provzdušnosti oken a součinitel prostupu tepla oken a dveří podle ČSN 73 0540:1994,
- f) údaje o druhu (účelu) místnosti,
- g) údaje o teplotách.

Místnosti v jednom podlaží se v půdoryse číslovají a do formuláře pro výpočet tepelných ztrát se zapisují zpravidla podle sledu vyznačeného na obrázku 2.1, stavební konstrukce v místnosti pak podle obrázku 2.2.



Obrázek 2.1 – Příklad pořadí zapisování stavebních konstrukcí



Obrázek 2.2 – Příklad značení místností

2.2 Tepelná ztráta obalovými konstrukcemi

Abychom správně určili ztrátu obvodovými konstrukcemi domu, potřebujeme znát pro každou místnost velikost plochy konstrukcí vedoucích do venkovního prostředí, do nevytápěného prostoru nebo do prostoru s odlišnou teplotou. K tomu je potřeba znát tepelné technické vlastnosti obvodových konstrukcí – jedná se o součinitel prostupu tepla [4].

2.2.1 Součinitel prostupu tepla

Vyjadřuje celkovou výměnu tepla přes stavební konstrukci. Základní hodnota součinitele prostupu tepla je závislá na vlastnostech materiálu, ze kterého se skládá konstrukce domu. Další faktor, na kterém je závislá, je odpor při přestupu tepla na obou stranách konstrukce.

U [$W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$]

$$U = \frac{1}{RT} = \frac{1}{R_{si} + R + R_{se}} = \frac{1}{R_{si} + \Sigma \frac{d_i}{\lambda_i} + R_{se}} \quad (2.1),$$

kde:

RT ... tepelný odpor [$m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$]

R_{si} ... odpor při přestupu tepla na vnější straně [$m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$]

d ... tloušťka materiálu [m]

λ ... součinitel tepelné vodivosti [$W \cdot m^{-1} \cdot K^{-1}$]

R_{se} ... odpor při přestupu tepla na vnitřní straně [$m^2 \cdot K \cdot W^{-1}$]

2.2.2 Součinitel tepelné vodivosti

Součinitel tepelné vodivosti vyjadřuje schopnost materiálu vést teplo z teplejší části do studenější části – prostup tepla skrze konstrukci z teplejší místnosti do chladnější místnosti. Čím je hodnota součinitele tepelné vodivosti nižší, tím lépe dokáže materiál tepelně izolovat.

$$\lambda \text{ [W. m}^{-1}\text{. K}^{-1}\text{]}$$

2.3 Výpočet celkové tepelné ztráty

Celková tepelná ztráta Q_c [W] se rovná součtu tepelné ztráty prostupem tepla konstrukcemi a tepelné ztráty větráním snížená o trvalé tepelné zisky. Je dána vztahem

$$Q_c = Q_p + Q_v - Q_z \quad (2.2),$$

kde

Q_p ... tepelná ztráta prostupem tepla

Q_v ... tepelná ztráta větráním

Q_z ... trvalý tepelný zisk

2.3.1 Tepelná ztráta prostupem tepla

Tepelná ztráta místnosti prostupem tepla Q_p [W] se určí podle vztahu

$$Q = Q_p \cdot (1 + p_1 + p_2 + p_3) \quad (2.3),$$

kde

Q ... základní tepelná ztráta prostupem tepla

p_1 ... přírážka na vyrovnání vlivu chladných konstrukcí

p_2 ... přírážka na urychlení zátopů

p_3 ... přírážka na světovou stranu

Přírážky p_1 , p_2 a p_3 v této práci nebudou použity, protože slouží pro návrh vytápěcího zdroje (kotel, radiátor). Jsou ale v této kapitole použity jako součást normy ČSN 06 0210.

Základní tepelná ztráta prostupem tepla Q [W] se rovná součtu tepelných toků prostupem tepla v ustáleném tepelném stavu jednotlivými konstrukcemi ohraničujícími vytápěnou místnost do venkovního prostředí nebo do sousedních místností.

$$Q_p = U_1 \cdot S_1 \cdot (t_i - t_{e1}) + U_2 \cdot S_2 \cdot (t_i - t_{e2}) + \dots + U_n \cdot S_n \cdot (t_i - t_{en}) = \sum U_j \cdot S_j \cdot (t_i - t_{ej}) \quad (2.4),$$

kde

$S_1, S_2 \dots S_n$ (obecně S_j) ... ochlazovaná část stavební konstrukce [m^2]

$U_1, U_2 \dots U_n$ (obecně U_j) ... součinitel prostupu tepla [$W \cdot m^{-2} \cdot K^{-1}$]

t_i ... výpočtová vnitřní teplota [$^{\circ}C$]

$t_{e1}, t_{e2} \dots t_{en}$ (obecně t_{ej}) ... výpočtová teplota na vnější straně konstrukce [$^{\circ}C$]

Je-li u některé ze stavebních konstrukcí teplota na vnější straně vyšší než teplota ve vytápěné místnosti, má tepelný tok prostupující touto stavební konstrukcí zápornou hodnotu. V tomto případě jde o tepelný zisk, který zmenšuje základní tepelnou ztrátu místnosti prostupem tepla Q .

Přirážkou na vyrovnání vlivu chladných stavebních konstrukcí p_1 se umožňuje zvýšení teploty vnitřního vzduchu tak, aby i při nižší povrchové teplotě ochlazovaných konstrukcí bylo ve vytápěné místnosti dosaženo požadované teploty t_p , pro kterou se počítá základní tepelná ztráta Q .

Přirážka na vyrovnání vlivu chladných konstrukcí p_1 závisí na průměrném součiniteli prostupu tepla všech konstrukcí místnosti U_c , který se stanoví ze vztahu

$$U_c = \frac{Q}{\sum S \cdot (t_i - t_e)} \quad (2.5),$$

kde

$\sum S$... celková plocha všech konstrukcí ohraničujících vytápěnou místnost [m^2]

t_i ... výpočtová vnitřní teplota [$^{\circ}C$]

t_e ... výpočtová venkovní teplota [$^{\circ}C$]

S přirážkou na urychlení zátoku p_2 se za normálních okolností nepočítá, protože při výpočtových podmínkách (při výpočtové venkovní teplotě t_e) se předpokládá nepřerušovaný provoz vytápění.

O výši přirážky na světovou stranu p_3 rozhoduje poloha nejvíce ochlazované konstrukce místnosti. Při více ochlazovaných konstrukcích je zásadní poloha jejich společného rohu. U místností se třemi nebo čtyřmi ochlazovanými konstrukcemi se počítá s přirážkou největší.

2.3.2 Tepelná ztráta větráním (infiltrací)

Tepelná ztráta místnosti větráním Q_v [W] se stanoví ze vztahu

$$Q_v = 1300 \cdot V_v H \cdot (t_i - t_e) \quad (2.6),$$

kde

$V_v H$... objemový tok větracího vzduchu [$m^3 \cdot s^{-1}$]

t_i ... výpočtová vnitřní teplota [$^{\circ}C$]

t_e ... výpočtová venkovní teplota [$^{\circ}C$]

Objemový tok větracího vzduchu místnosti $V_v H$ musí vycházet z hygienických nebo technologických požadavků (např. při řešení odvlhčování nebo odvodu škodlivin). Hygienické nebo technologické požadavky jsou dány potřebnou intenzitou výměny vzduchu n_h [h^{-1}].

$$V_v H = \frac{n_h}{3600} \cdot V_m \quad (2.7),$$

kde

V_m ... vnitřní objem místnosti [m^3]

Při přirozeném větrání infiltrací se objemový tok větracího vzduchu V_{vp} stanoví ze vztahu

$$V_{vp} = \Sigma (i_{LV} \cdot L) \cdot B \cdot M \quad (2.8),$$

kde

$\Sigma(i_{LV} \cdot L)$... součet průvzdušnosti oken a venkovních dveří dané místnosti [$m^3 \cdot s^{-1} \cdot Pa^{-0,67}$]

i_{LV} ... součinitel spárové provzdušnosti [$m^3 \cdot s^{-1} \cdot Pa^{-0,67}$]

L ... délka spár otevíratelných částí oken a venkovních dveří [m]

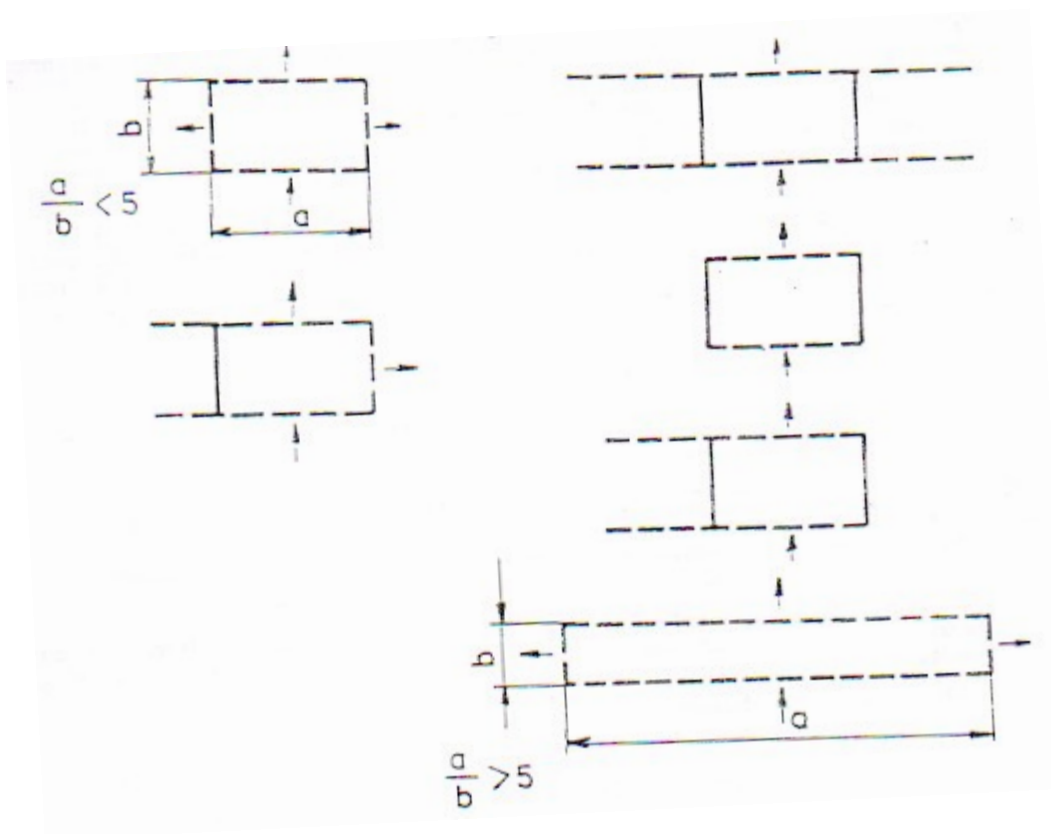
B ... charakteristické číslo budovy [$Pa^{0,67}$]

M ... charakteristické číslo místnosti [-]

Celková délka spáry L se stanovuje ze skladebných rozměrů otevíratelných oken a dveří. Uvažuje se při tom se spárami mezi jednotlivými křídly a rámem a se spárami mezi dvěma na sebe přiléhajícími křídly.

Součet součinů $\Sigma(i_{L.V}.L)$ se vztahuje na okna a venkovní dveře na návětrné straně budovy.

Charakteristické číslo budovy B závisí na rychlosti větru volené podle polohy budovy vzhledem ke krajině (chráněná, nechráněná a velmi nepříznivá poloha), a na druhu budovy (řadové budovy a osaměle stojící budovy).



Obrázek 2.3 – Poloha budovy v krajině

Z hlediska rychlosti větru se dále rozlišuje normální krajina a krajina s intenzivními větry.

Podle toho, jak je budova v krajině vystavena náporu větru, se rozlišuje:

- chráněná poloha:
 - domy ve vnitřních částech měst, pokud příliš nepřevyšují okolí;
 - domy ve střední části sídlišť s převážně řadovou zástavbou;
 - domy ze všech stran a v celé výšce chráněné okolím;
- nechráněná poloha:
 - domy ve vnitřních částech měst a sídlišť, pokud příliš nepřevyšují okolí;
 - domy na okraji části sídlišť s převážně řadovou zástavbou;
 - domy na sídlištích s převážně budovou zástavbou, pokud značně nepřevyšují okolí;

- osaměle stojící domy v údolích, v zalesněné krajině apod.;
- velmi nepříznivá poloha:
 - domy na sídlištích s převážně budovou zástavbou, pokud značně nepřevyšují okolí;
 - osaměle stojící domy na březích řek a jezer, na nezalesněných návrších, na rozsáhlých rovinách apod.

Charakteristické číslo místnosti M závisí na poměru mezi průvzdušností oken a vnitřních dveří. Rozlišují se tyto případy:

- a) místnosti, kde průvzdušnost vnitřních dveří je menší než průvzdušnost oken ($M=0,4$);
- b) místnosti, kde průvzdušnost vnitřních dveří je přibližně stejná jako průvzdušnost oken ($M=0,5$);
- c) místnosti, kde průvzdušnost vnitřních dveří je větší než průvzdušnost oken ($M=0,7$);
- d) místnosti bez vnitřních stěn, např. sály, velkoprostorové kanceláře apod. ($M=1,0$).

3 Výpočet tepelných ztrát dle ČSN 06 0210

Tabulka 3.1 – Charakteristické údaje rodinného domu

Venkovní výpočtová teplota pro Karvinsko
a Ostravsko

$t_e = -15^{\circ}\text{C}$

Teplota přilehlé zeminy pod podlahou při $t_e = -15^{\circ}\text{C}$	$t_{ez} = 5^{\circ}\text{C}$
Teplota nevytápěné půdy při $t_e = -15^{\circ}\text{C}$	$t_{ie} = 0^{\circ}\text{C}$
Typ krajiny	normální
Poloha budovy	nechráněná
Druh budovy	řadová
Rychlost větru	4m.s^{-1}
Charakteristické číslo budovy	$B=8\text{Pa}^{0,67}$
Vnitřní výpočtová teplota [20]	$t_i = 20^{\circ}\text{C}$
Teplota větracího vzduchu	$T_{vv} = -15^{\circ}\text{C}$
Konstrukční výška	3m
Světlná výška [13]	2,7m
Odpor při přestupu tepla na vnější straně	$R_{se} = 0,040 [\text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}]$
Odpor při přestupu tepla na vnitřní straně	$R_{si} = 0,130 [\text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}]$ vodorovný tok $R_{se} = 0,170 [\text{m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}]$ tok shora dolů

Pozn.: Údaje v tabulce jsou zvoleny podle normy ČSN 06 0210 (tzb-info.cz).

Tabulka 3.2 – Skladba konstrukce obvodové stěny [11]

Materiál	d [m]	$\lambda [\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}]$
Omítka vápenocementová	0,015	0,990
Polystyrén pěnový	0,100	0,044
Beton ze škváry	0,250	0,520
Omítka vápenocementová	0,015	0,990

Celková tloušťka $d = 0,015 + 0,100 + 0,250 + 0,015 = 0,380 \text{ m}$.

Součinitel prostupu tepla U je vypočítaný podle rovnice (2.1).

$$U = \frac{1}{0,130 + \left(\frac{0,015}{0,990} + \frac{0,100}{0,044} + \frac{0,250}{0,520} + \frac{0,015}{0,990} \right) + 0,040}$$

$$U = 0,339 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$$

Tabulka 3.3 – Skladba konstrukce stropu [11]

Materiál	d [m]	$\lambda [\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}]$
Dřevotřískové desky	0,050	0,180
Minerální vata	0,100	0,056
Omítka vápenocementová	0,015	0,990

Tabulka 3.4 – Skladba konstrukce podlahy [11]

Materiál	d [m]	$\lambda [\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}]$
Beton hutný	0,300	1,230
Podklad, vlna	0,050	0,060
Linoleum	0,025	0,170

3.1 Výpočet tepelné ztráty

Tabulka 3.5 – Rozměrová charakteristika obývacího pokoje

	Tloušťka stěny [m]	Délka [m]	Šířka/výška [m]	Plocha [m ²]	Počet otvorů	Plocha otvorů [m ²]
Stěna obvodová (1)	0,380	8	3	24	2	2,7
Okno plastové jednoduché (1)	/	0,9	1,5	1,35	0	0
Okno plastové jednoduché (2)	/	0,9	1,5	1,35	0	0

Stěna obvodová (2)	0,380	4	3	12	0	0
Podlaha	0,325	8	4	32	0	0
Strop	0,165	8	4	32	0	0

Tabulka 3.6 – Výpočet základní tepelné ztráty prostupem tepla

	Plocha bez otvorů [m²]	Součinitel prostupu tepla U [W·m⁻²·K⁻¹]	Rozdíl teplot Δt [°C]	U·Δt [W·m⁻²]	Tepelná ztráta Qp [W]
Stěna obvodová (1)	21,30	0,339	35	11,87	252,8
Okno plastové jednoduché (1)	1,35	4,500	35	157,50	212,6
Okno plastové jednoduché (2)	1,35	4,500	35	157,50	212,6
Stěna obvodová (2)	12	0,339	35	17,87	142,4
Podlaha	32	0,697	20	13,94	446,1
Strop	32	0,481	25	10,93	349,8
				Σ Qp	1616,3

Do tabulek byly vyplněny vnitřní rozměry místnosti. Při výpočtu obvodové stěny (obvodová stěna (1) s dvěma jednoduchými okny s jedním sklem) je z obrázku 1.2 odečten rozměr délky 8 m, a při konstrukční výšce 3 m je plocha rovna 24 m². Protože stěna obsahuje dva otvory, je nutné jejich plochu 2,7 m² odečíst. Plocha bez otvorů je použita pro výpočet základní tepelné ztráty. Do vzorce (2.4) je dosazena plocha bez otvorů, příslušný součinitel prostupu tepla z tabulky 3.3 a rozdíl výpočtové vnitřní teploty a výpočtové teploty prostředí na vnější straně konstrukce.

$$Q_p = 0,339 \cdot 21,30 \cdot (20 - (-15)) = 252,8 \text{ W}$$

Základní tepelná ztráta prostupem tepla je rovna součtu všech ztrát jednotlivých konstrukcí, oken či dveří, které místnost obklopují, a pro modelovou místnost (obývací pokoj) činila 1616,3 W.

Pro výpočet tepelné ztráty místnosti větráním musíme nejdříve určit hodnotu V_{vH} podle rovnice (2.6) a V_{vp} podle rovnice (2.8). Intenzita výměny vzduchu n_h je zvolena podle ČSN 73 0540-2 a její hodnota je $0,5 \text{ h}^{-1}$ [21]. Objem místnosti V_m je vypočítán z rozměrů na obrázku (3.1) a jeho hodnota je $86,4 \text{ m}^3$.

$$V_{vH} = \frac{0,5}{3600} \cdot 86,4 = 0,012 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$$

Pro výpočet V_{vp} musíme nejdříve vypočítat hodnotu součinitele $\Sigma(i_{LV} \cdot L)$ z rovnice (2.8). Protože je místnost rohová a v jedné stavební konstrukci se nachází okna, je tato hodnota součtem ploch všech oken v obou stěnách. Hodnota $1,90 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{Pa}^{-0,67}$ je součinitel spárové průvzdušnosti oken, která jsou jednoduchá s jedním sklem, převzata z normy ČSN 73 0540-3. Hodnoty 1,5 m a 0,9 m jsou z obr. 3.1 a jsou dvakrát, protože stejné typy oken jsou v místnosti také dvakrát.

$$\Sigma(i_{LV} \cdot L) = 0,000190 \cdot (1,5 + 1,5 + 0,9 + 0,9) + 0,000190 \cdot (1,5 + 1,5 + 0,9 + 0,9) = 0,001824 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{Pa}^{0,67}$$

Charakteristické číslo budovy je zvoleno na základě údajů v kapitole 2. Jeho hodnota, pro budovu v normální krajině, nechráněnou a řadovou, je $B = 8 \text{ Pa}^{0,67}$. Charakteristické číslo místnosti je zvoleno na základě výsledku z rovnice (2.6) a jeho hodnota je $M=0,7$.

$$V_{vp} = 0,001824 \cdot 8 \cdot 0,7 = 0,0102$$

Protože výsledná hodnota V_{vH} je větší než V_{vp} , je pro výpočet tepelné ztráty prostoru větráním $V_v = V_{vH}$. Výsledná hodnota je vypočtena z rovnice (2.6).

$$Q_v = 1300 \cdot 0,012 \cdot (20 - (-15)) = 546 \text{ W}$$

V místnosti se nenachází žádné trvalé zdroje tepla a proto je Q_z rovno nule. Celková tepelná ztráta místnosti je vypočtena z rovnice (2.2).

$$Q_c = 1616,3 + 546 - 0 = 2162,3 \text{ W}$$

Tabulka 3.7 – Tepelná ztráta ostatních místností

Místnost	Tepelná ztráta
Kuchyně	1009,9 W
Ložnice	1908,6 W
Veranda	1076,0 W
WC	56,0 W
Šatna	37,4 W
Koupelna	176,0 W
Kotelna	49,8 W
Chodba	354,4 W

Pozn.: Postup výpočtu je stejný jako u modelové místnosti.

Celková tepelná ztráta původního RD je **6821,4 W**.

4 Používané izolační materiály u RD

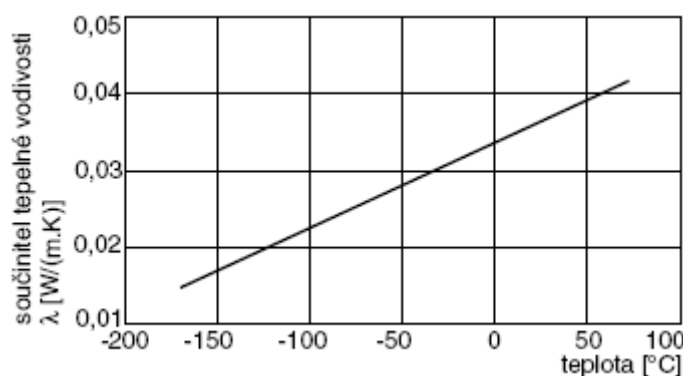
Dobře odizolovaný rodinný dům sníží náklady na vytápění v topném období, a v letním ochrání před pronikáním vedra dovnitř domu. Existuje mnoho tepelných izolací [5], které se dají na zateplení domu použít [2],[8].

4.1 Pěnové materiály

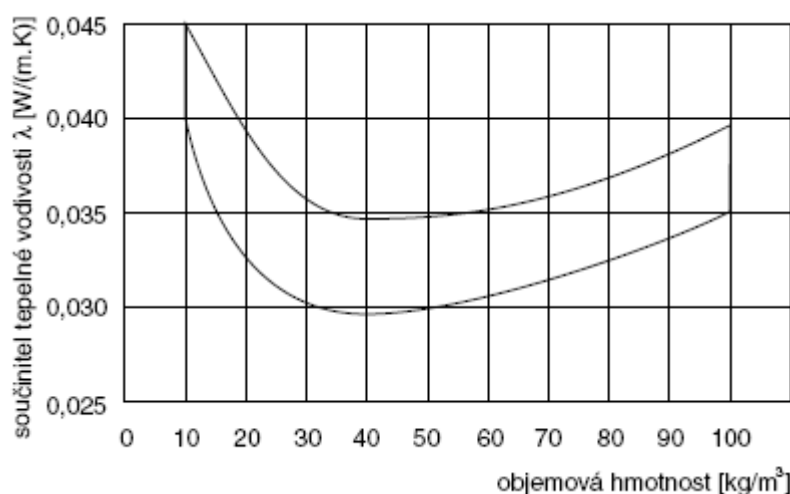
Tyto materiály své izolační vlastnosti zakládají na speciální struktuře, ve které je vzduch uzavřený v malých komorách, které nepřenáší téměř žádné teplo.

4.1.1 Pěnový polystyrén

Pěnový polystyrén [19] je nejčastěji používaný druh izolace, jelikož jeho cena je příznivá a dobře se s ním pracuje. Záporem je menší odolnost proti vlhkosti a tlaku. Součinitel tepelné vodivosti se pohybuje okolo $\lambda = 0,037 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$.



Obrázek 4.1 – Součinitel tepelné vodivosti a teplota desek EPS. Naměřené hodnoty součinitele tepelné vodivosti EPS v závislosti na teplotě, měřeno na zkušebních tělesech o objemové hmotnosti 20 kg/m^3 .



Obrázek 4.2 – Součinitel tepelné vodivosti a objemová hmotnost desek EPS. Naměřené hodnoty součinitele tepelné vodivosti pěnového polystyrenu v závislosti na objemové hmotnosti naměřené při zkušební teplotě $+10 \text{ °C}$.

4.1.2 Šedý polystyrén

Šedý polystyrén má asi o čtvrtinu lepší izolační vlastnosti oproti pěnovému polystyrénu. Jeho cena je ale vyšší a manipulace náročnější. Nesmí se instalovat za přímého slunečního záření, aby vlivem tepelné roztažnosti nedošlo k popraskání fasády. Součinitel tepelné vodivosti se pohybuje okolo $\lambda = 0,032 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$.

4.1.3 Extrudovaný polystyrén

Tento druh polystyrénu se skvěle hodí na místa, která jsou pravidelně vystavena kontaktu s vodou. Nasáknutí vodou nehrozí díky uzavřeným pórům. Má dlouhou životnost a dobře odolává tlaku. Součinitel tepelné vodivosti se pohybuje okolo $\lambda = 0,030$ až $0,038 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$.

4.1.4 Pěnový polyuretan

Pěnový polyuretan má velmi dobré tepelně izolační vlastnosti. Je odolný vůči nízkým i vysokým teplotám. Je k dostání v podobě pěny nebo tuhých desek. Součinitel tepelné vodivosti se pohybuje okolo $\lambda = 0,029$ až $0,035 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$.

4.1.5 Pěnové sklo

Pěnové sklo má ekologický původ. Vyrábí se napěňováním recyklovaného skla. Má špičkové těsnicí vlastnosti. Je parotěsné, nehořlavé, voděvzdorné, a má vysokou tlakovou únosnost. Je využitelné při izolaci základů, plochých střech a podlah. Cena pěnového skla je ale vyšší než u ostatních materiálů. Součinitel tepelné vodivosti se pohybuje okolo $\lambda = 0,050 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$.

4.2 Vláknité materiály

Většina těchto materiálů má nízkou objemovou hmotnost a převážně vláknitou strukturu.

4.2.1 Skleněná vlna

Skleněná vlna se získává tavením keramik, ke kterým se přidávají směsi. Propouští páru, takže se vlhkost ze stěn domu může odpařovat. Využívá se na zateplení fasád a střech. Není vhodná na použití. Součinitel tepelné vodivosti se pohybuje okolo $\lambda = 0,050 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$.

4.2.2 Minerální vlna

Vyrábí se z čediče. Má malou tepelnou roztažnost, takže změny teploty nezpůsobí popraskání fasády. Součinitel tepelné vodivosti se pohybuje okolo $\lambda = 0,035 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$.



Obrázek 4.3 – Minerální vlna [9]

<https://stavba.tzb-info.cz/tepelne-izolace/298-mineralni-izolace>

4.2.3 Dřevovláknité desky

Dřevovláknité desky jsou ekologického původu. Skládají se z jemných vláken dřeva, vodoodpudivých látek a pryskyřice. Propouští vodní páru, dobře izolují zvuk a jsou vhodné i na izolaci dřevostaveb. Součinitel tepelné vodivosti se pohybuje okolo $\lambda = 0,075 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$.

5 Tepelné vlastnosti oken

Sklo tvoří asi tři čtvrtiny plochy okna, proto ovlivňuje jeho tepelně izolační vlastnosti. Základní vlastnosti oken jsou průvzdušnost, vodotěsnost, a také odolnost proti zatížení větrem (stanovují se zkouškou, výsledkem jsou příslušné třídy). Průvzdušnost se klasifikuje do třídy 1 až 4, vodotěsnost 1 až 9 i více, a odolnost vůči větru do třídy 1 až 5 podle tlaku, a tříd A až C podle průhybu. Vyšší třída znamená lepší hodnotu parametru. Podle současné legislativy jsou hodnoty technických vlastností oken součástí CE značky každého typu okna a součástí ES prohlášení o shodě, které vystavuje výrobce [17].

5.1 Součinitel prostupu tepla oknem a dveřmi

Prostup tepla celým oknem U_w je hodnotou, podle které lze okna porovnávat. Prostup tepla oknem je dán tepelnými vlastnostmi rámu U_f , zasklení U_g a meziskelním rámečkem U_w . Je vždy vztaženo k určitému typu zasklení. Vliv na prostup tepla má také použitý meziskelní rámeček. Hodnotu lze získat měřením v akreditované laboratoři nebo výpočtem. Prostup tepla zasklením U_g charakterizuje pouze tepelně izolační vlastnosti izolačního zasklení. Hodnota U_g bývá nižší než hodnota prostupu tepla celým oknem [15].

6 Optimalizovaný RD

Optimalizovaný rodinný dům má odlišnou stavbu konstrukce obvodové stěny, podlahy a stropu. Je lépe izolovaný. V obvodové stěně je přidána další vrstva tepelné izolace (polystyrén pěnový). Nosná stěna zůstala stejná, protože přes ni není žádná tepelná ztráta. Do podlahy je přidána vrstva desek z pěnového skla. Strop je podobný jako u původního domu, ale je opět přidána další vrstva minerální vlny [1]. Dveře jsou stejné jako u původního domu, ale okna jsou s izolační vrstvou a selektivním dvojsklem [14].

Tabulka 6.1 – Skladba konstrukce obvodové stěny [11]

Materiál	d [m]	λ [W. m ⁻¹ . K ⁻¹]
Omítka vápenocementová	0,015	0,990
Polystyren pěnový	0,100	0,044
Střední omítka	0,015	0,800
Polystyrén pěnový	0,200	0,044
Beton ze škváry	0,250	0,520
Omítka vápenocementová	0,015	0,990

Tabulka 6.2 – Skladba konstrukce podlahy [11]

Materiál	d [m]	λ [W. m ⁻¹ . K ⁻¹]
Beton hutný	0,300	1,230
Desky z pěnového skla	0,100	0,044
Podklad, vlna	0,050	0,060
Koberec	0,020	0,060

Tabulka 6.3 – Skladba konstrukce stropu [11]

Materiál	d [m]	λ [W. m ⁻¹ . K ⁻¹]
Omítka vápenocementová	0,015	0,990
Výrobky z minerální vlny MW	0,100	0,056

Omítka vápenocementová	0,015	0,990
Výrobky z minerální vlny MW	0,200	0,056
Dřevotřískové desky	0,100	0,180

Tabulka 6.4 – Rozměrová charakteristika obývacího pokoje

	Tloušťka stěny [m]	Délka [m]	Šířka/výška [m]	Plocha [m²]	Počet otvorů	Plocha otvorů [m²]
Stěna obvodová (1)	0,595	8	3	24	2	2,7
Okno (1)	/	0,9	1,5	1,35	0	0
Okno (2)	/	0,9	1,5	1,35	0	0
Stěna obvodová (2)	0,595	4	3	12	0	0
Podlaha	0,470	8	4	32	0	0
Strop	0,430	8	4	32	0	0

Tabulka 6.5 – Výpočet základní tepelné ztráty prostupem tepla

	Plocha bez otvorů [m²]	Součinitel prostupu tepla U [W. m⁻². K⁻¹]	Rozdíl teplot Δt [°C]	U. Δt [W. m⁻²]	Tepelná ztráta Qp [W]
Stěna obvodová (1)	21,30	0,133	35	4,66	99,3
Okno s izolační vrstvou se selektivním dvojsklem (1)	1,35	1,800	35	63,00	85,1
Okno s izolační vrstvou se selektivním dvojsklem (2)	1,35	1,800	35	63,00	85,1
Stěna obvodová (2)	12	0,133	35	4,66	56,0
Podlaha	32	0,257	20	5,14	164,5
Strop	32	0,163	25	4,10	131,2
				Σ Qp	621,2

Pozn.: Postup výpočtů je stejný jako pro původní rodinný dům v kapitole 3.

Do vzorce (2.4) je dosazena plocha bez otvorů, příslušný součinitel prostupu tepla z tabulky 6.6 a rozdíl výpočtové vnitřní teploty a výpočtové teploty prostředí na vnější straně konstrukce.

$$Q_p = 0,133 \cdot 21 \cdot 30 \cdot (20 - (-15)) = 99,3 \text{ W}$$

Pro výpočet tepelné ztráty místnosti větráním musíme nejdříve určit hodnotu V_{vH} podle rovnice (2.7) a V_{vp} podle rovnice (2.8). Postup výpočtu je stejný jako pro původní RD v kapitole 3.

$$Q_v = 1300 \cdot 0,012 \cdot (20 - (-15)) = 546 \text{ W}$$

Součinitel spárové průvzdušnosti je vypočítán z rovnice (2.8). Hodnota $1,90 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{Pa}^{-0,67}$ je součinitel spárové průvzdušnosti oken, která jsou jednoduchá s izolačním dvojsklem se selektivní vrstvou, převzato z normy ČSN 73 0540-3. Hodnoty 1,5 m a 0,9 m jsou z obr. 3.1 a jsou dvakrát, protože stejné typy oken jsou v místnosti také dvakrát.

$$\Sigma(iLV \cdot L) = 0,000190 \cdot (1,5 + 1,5 + 0,9 + 0,9) + 0,000190 \cdot (1,5 + 1,5 + 0,9 + 0,9) = 0,001824 \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{Pa}^{0,67}$$

Charakteristické číslo budovy je zvoleno na základě údajů v kapitole 2. Jeho hodnota, pro budovu v normální krajině, nechráněnou a řadovou, je $B=8 \text{ Pa}^{0,67}$. Charakteristické číslo místnosti je zvoleno na základě výsledku z rovnice (2.6) a jeho hodnota je $M=0,7$.

$$V_{vp} = 0,001824 \cdot 8 \cdot 0,7 = 0,0102$$

Protože výsledná hodnota V_{vH} je větší než V_{vp} , je pro výpočet tepelné ztráty prostoru větráním $V_v = V_{vH}$. Výsledná hodnota je vypočtena z rovnice (2.6).

$$Q_v = 1300 \cdot 0,012 \cdot (20 - (-15)) = 546 \text{ W}$$

V místnosti se nenachází žádné trvalé zdroje tepla a proto je Q_z rovno nule. Celková tepelná ztráta místnosti je vypočtena z rovnice (2.2).

$$Q_c = 621,2 + 546 - 0 = 1167,2 \text{ W}$$

Tabulka 6.6 – Tepelná ztráta ostatních místností optimalizovaného domu

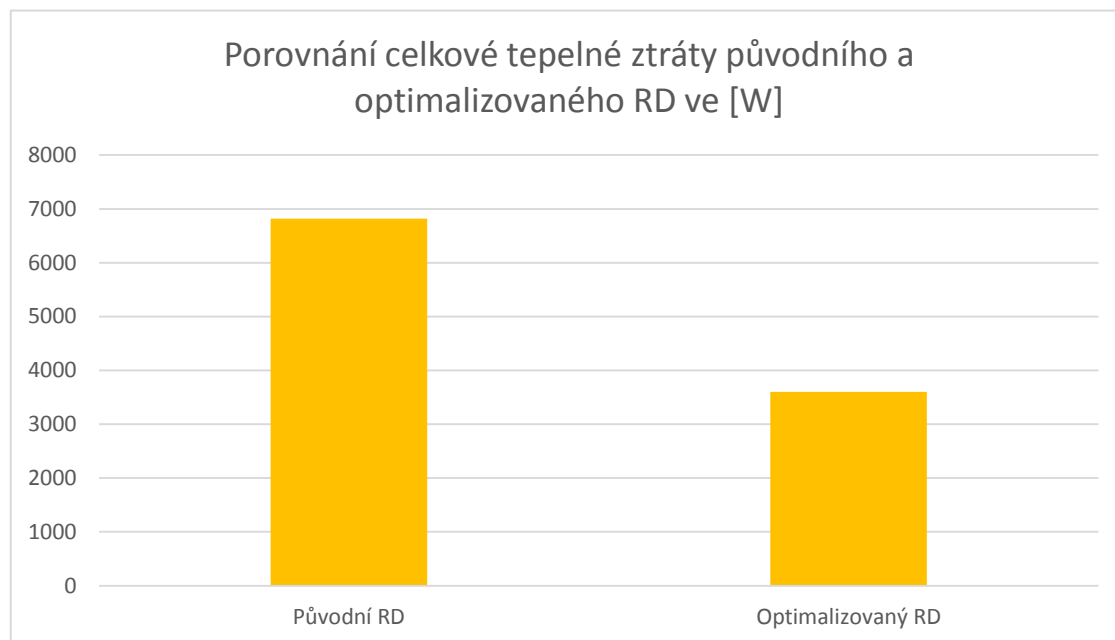
Místnost	Tepelná ztráta
Kuchyně	555,5 W
Ložnice	989,9 W
Veranda	638,2 W
WC	20,8 W
Šatna	13,9 W
Koupelna	65,7 W
Kotelna	18,5 W
Chodba	131,7 W

Pozn.: Postup výpočtu je stejný jako u modelové místnosti.

Celková tepelná ztráta původního RD je **3601,4 W**.

7 Porovnání tepelných ztrát obou RD

Celková tepelná ztráta původního rodinného domu je výrazně vyšší než u domu optimalizovaného. Optimalizovaný rodinný dům má výrazně lepší tepelně izolační vlastnosti. Celková tepelná ztráta u optimalizovaného RD je skoro o 50 % menší.



Graf 7.1 – Porovnání celkové tepelné ztráty původního RD a optimalizovaného RD [Autor]

7.1 Porovnání ceny za vytápění obou RD

Tabulka 7.1 – Údaje pro výpočet celkové ceny za vytápění obou RD za rok

Opravný součinitel ε	0,78
Účinnost regulace soustavy η_o	0,95
Účinnost rozvodu vytápění η_r	0,95
Celková tepelná ztráta původního RD	6821,4 W
Celková tepelná ztráta optimalizovaného RD	3601,4 W
Počet topných dní d	220
Průměrná vnitřní teplota t_i	20 °C
Venkovní výpočtová teplota t_e	-15 °C
Průměrná venkovní teplota v otopné sezóně t_{es}	3,6 °C
Účinnost topné metody (zemní plyn) η_t	0,9
Cena zemního plynu za 1MWh	1669 Kč

Pozn.: Opravný součinitel ε na připojení otopného tělesa je převzat z webu tzb-info.cz. Účinnost regulace soustavy η_o a účinnost rozvodu vytápění η_r závisí na ztrátách v potrubní síti a účinnosti zdroje (informace z technické zprávy k projektu instalace ústředního topení v RD). Počet topných dní d je také převzat z technické zprávy. Průměrná vnitřní teplota t_i a venkovní výpočtová teplota t_e je odvozena dle normy ČSN 06 0210. Průměrná venkovní teplota v otopné sezóně t_{es} je z technické zprávy, která je odvozena z ČSN 06 0210 pro Karvinsko. Účinnost topné metody η_t závisí na spalovacím zařízení. Cena zemního plynu je brána za rok 2020.

Původní RD:

Pro výpočet $Q_{vyt.}/rok$ jsou použity informace z tabulky 7.1. Za $Vyt.den.$ je použit výsledek z rovnice (7.2).

$$Q_{vyt.}/rok = \left(\frac{\varepsilon}{\eta_o \cdot \eta_r} \right) \cdot \left(\frac{24 \cdot Q_{cp} \cdot Vyt.den.}{t_i - t_e} \right) \cdot 0,0036 \quad (7.1)$$

$$Q_{vyt.}/rok = \left(\frac{0,78}{0,95 \cdot 0,95} \right) \cdot \left(\frac{24 \cdot 6821,4 \cdot 3608}{293,15 - 258,15} \right) \cdot 0,0036 = 52509 \text{ MJ/r}$$

kde

$Q_{vyt.}/rok$... roční spotřeba tepla pro vytápění [MJ/rok]

Q_c ... celková tepelná ztráta [W]

ε ... opravný součinitel na snížení teploty, zkrácení doby vytápění [-]

t_i ... průměrná vnitřní teplota [°C]

t_e ... venkovní výpočtová teplota [°C]

η_o ... účinnost regulace soustavy [-]

η_r ... účinnost rozvodu vytápění [-]

Denostupňová metoda je jedním z postupů, které slouží pro návrh, vyhodnocování a porovnávání zdrojů a spotřebičů tepla. Základem metody je znalost průběhů venkovních teplot z meteorologických dat. Použita jsou data z tabulky 7.1, a teplota je dosazována v K. Nejdříve je nutné zjistit počet denostupňů (7.2), který je poté dosazen do vlastní rovnice pro výpočet roční potřeby tepla pro vytápění (7.1).

$$Vyt.den. = d. ((t_i + 273,15) - (t_{es} + 273,15)) \quad (7.2)$$

$$Vyt.den. = 220. (293,15 - 276,75) = 3608$$

kde

Vyt.den. ... počet denostupňů [K. den]

d ... počet dnů v otopném období [den]

t_i ... průměrná vnitřní teplota [°C]

t_{es} ... průměrná venkovní výpočtová teplota v otopné sezóně [°C]

Výsledek z rovnice (7.2) dosadíme do rovnice (7.3).

$$Q_{vyt.} = \frac{Q_{vyt./rok}}{3600} \quad (7.3)$$

$$Q_{vyt.} = \frac{52509}{3600} = 14,6 \text{ MWh}$$

Pro výpočet ceny za rok na vytápění RD dosadíme do rovnice (7.4), výsledek z rovnice (7.3) a údaje z tabulky 7.1.

$$cena \text{ za rok} = \left(\frac{Q_{vyt.}}{\eta_t} \right) \cdot cena \text{ zemního plynu} \quad (7.4)$$

$$cena \text{ za rok} = \left(\frac{14,6}{0,9} \right) \cdot 1669 = 27 \text{ 049 Kč}$$

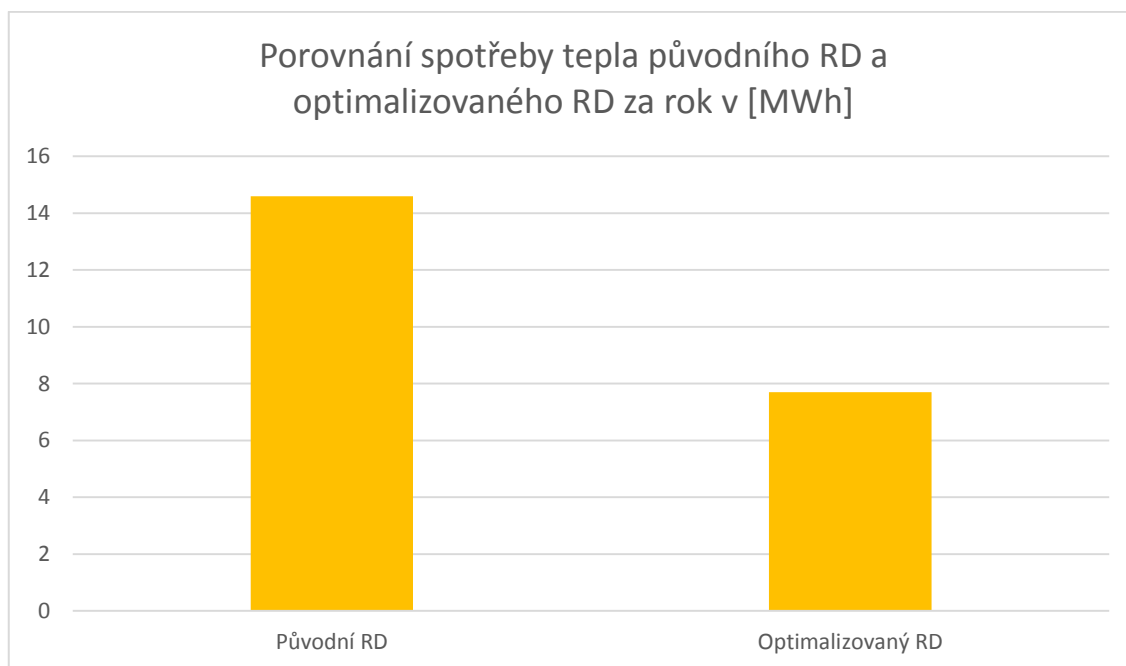
Optimalizovaný RD:

Pro optimalizovaný dům je použit stejný postup výpočtu jako pro dům původní.

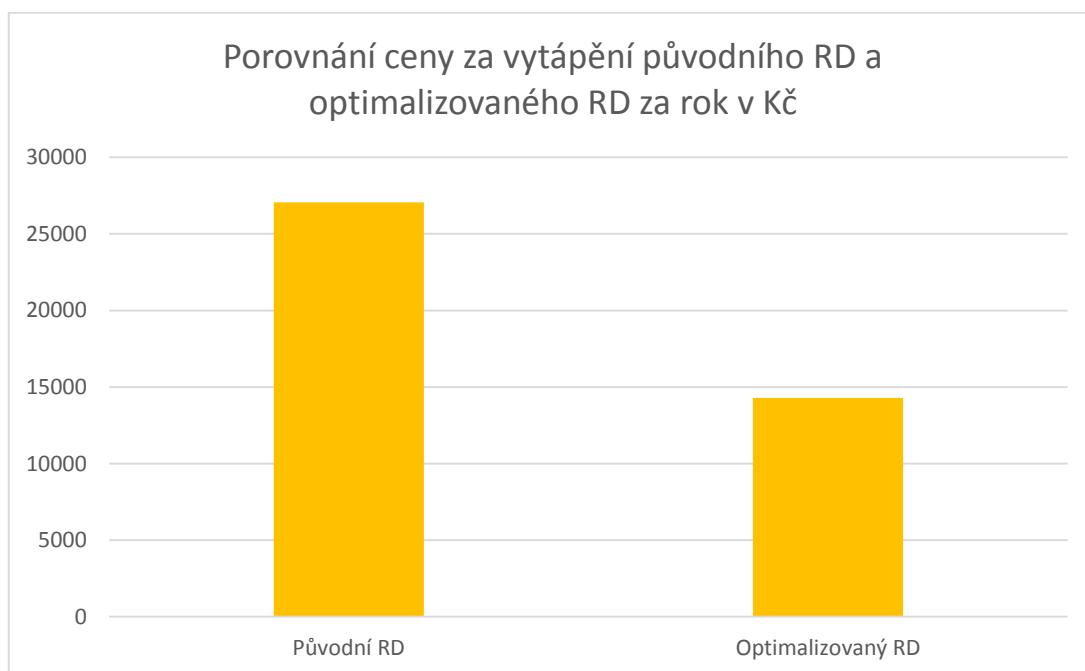
$$Q_{vyt./rok} = \left(\frac{0,78}{0,95 \cdot 0,95} \right) \cdot \left(\frac{24.3601,4 \cdot 3608}{293,15 - 258,15} \right) \cdot 0,0036 = 27722 \text{ MJ/r}$$

$$Q_{vyt./rok} = \frac{Q_{vyt./rok}}{3600} = 7,7 \text{ MWh/rok}$$

$$cena\ za\ rok = \left(\frac{7,7}{0,9}\right) \cdot 1669 = 14\ 281\ Kč$$



Graf 7.2 – Porovnání spotřeby tepla původního RD a optimalizovaného RD [Autor]



Graf 7.3 – Porovnání ceny za vytápění původního RD a optimalizovaného RD [Autor]

Závěr

Úkolem této práce bylo navrhnout úspory tepelné energie při vytápění rodinného domu. Byla použita norma ČSN 06 0210, která je sice zrušena, ale není za ni žádná náhrada, tak se dál používá.

Výpočet tepelných ztrát byl proveden v původním rodinném domě a v optimalizovaném rodinném domě, který měl přidanou další vrstvu izolace a původní jednoduchá plastová okna vyměněná za okna s izolační vrstvou se selektivním dvojsklem, kde byl součinitel prostupu tepla U výrazně nižší.

Vyšší tepelnou ztrátu měl samozřejmě původní dům, kde byla tepelná ztráta zhruba o polovinu vyšší než u optimalizovaného rodinného domu. To odpovídá i srovnání spotřeby tepla a nákladů za vytápění obou rodinných domů. Spotřeba tepla byla počítána pomocí denostupňové metody.

Největších úspor tepelné energie při vytápění rodinného domu lze tedy dosáhnout volbou vhodného izolačního materiálu, přidáním jeho další vrstvy nebo výměnou oken a dveří.

Seznam veličin

Označení	Název veličiny	Jednotky
α	Součinitel přestupu tepla	$[\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}]$
U	Součinitel prostupu tepla	$[\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}]$
U_c	Průměrný součinitel prostupu tepla konstrukcemi místnosti	$[\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}]$
Λ	Tepelná propustnost	$[\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}]$
λ	Součinitel tepelné vodivosti	$[\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}]$
c	Měrná tepelná kapacita	$[\text{J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}]$
ρ	Hustota	$[\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}]$
iLV	Součinitel spárové průvzdušnosti	$[\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{Pa}^{-0,67}]$
Q	Základní tepelná ztráta prostupem tepla	$[\text{W}]$
Q_c	Celková tepelná ztráta	$[\text{W}]$
Q_p	Tepelná ztráta prostupem tepla	$[\text{W}]$
Q_v	Tepelná ztráta větráním	$[\text{W}]$
Q_z	Trvalý tepelný zisk	$[\text{W}]$
p_1	Přirážka na vyrovnání vlivu chladných konstrukcí	$[-]$
p_2	Přirážka na urychlení zátopy	$[-]$
p_3	Přirážka na světovou stranu	$[-]$
S	Ochlazovaná část stavební konstrukce	$[\text{m}^2]$
t_i	Výpočtová vnitřní teplota	$[\text{°C}]$
t_e	Výpočtová teplota prostředí na vnější straně konstrukce	$[\text{°C}]$
V_v	Objemový tok větracího vzduchu	$[\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}]$
$V_v H$	Objemový tok větracího vzduchu daný hygienickými a technologickými požadavky	$[\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}]$
$V_v P$	Objemový tok větracího vzduchu při přirozeném větrání infiltrací	$[\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}]$

c_v	Objemová tepelná kapacita vzduchu při teplotě 0 °C	[J·m ⁻³ ·K ⁻¹]
n_h	Intenzita výměny vzduchu	[h ⁻¹]
V_m	Vnitřní objem prostoru	[m ³]
L	Délka spár otvíratelných částí oken a venkovních dveří	[m]
B	Charakteristické číslo budovy	[Pa ^{0,67}]
M	Charakteristické číslo místnosti	[-]
n	Intenzita výměny vzduchu infiltrací	[h ⁻¹]

Seznam zdrojů

Tištěné zdroje

- [1] DUFKA, J. *Hospodárné vytápění domů a bytů*. 2. Praha: Grada Publishing, 2004, 112s. ISBN 978-80-247-2019-7.
- [2] HUMM, O. *Nízkoenergetické domy*. Praha: Grada Publishing, 1999, 360s. ISBN 80-7169-657-9.
- [3] NOVÁK, J. *Úspory energie v rodinných domech a bytech*. Praha: Grada Publishing, 1999, 136s. ISBN 978-80-716-9283-6.
- [4] NOŽIČKA, J. *Termomechanika*. Praha: ČVUT, 2001, 179s. ISBN 80-01-01836-9.
- [5] ŘEHÁK, J. a A. JANOUŠ. *Tepelné ztráty budov a možnosti jejich zmenšování*. Praha: SNTL, 1985, 184s. ISBN 04-711-86.

Internetové zdroje

- [6] Co je tepelná ztráta objektu a výpočet potřeby tepla na vytápění. *Revitalizace.com* [online]. 2011 [cit. 2020-03-19]. Dostupné z: <https://www.revitalizace.com/teorie-vypocty/co-je-tepelna-ztrata-objektu-a-vypocet-potreby-tepla-na-vytapeni/>
- [7] Elcner, J, Jakub. POROVNÁNÍ VÝPOČTU TEPELNÝCH ZTRÁT DLE ČSN 06 0210 A ČSN EN 12831. *Vysoké učení technické v Brně* [online]. 2008 [cit. 2020-05-01]. Dostupné z: https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=5958
- [8] Jak a čím nejlépe zateplíte váš dům.? *[Living]* [online]. 2019 [cit. 2020-03-19]. Dostupné z: <https://www.living.cz/cim-nejlepe-zateplite-vas-dum-2/>
- [9] Minerální izolace. *Tzbinfo* [online]. ©2020 [cit. 2020-03-19]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/tepelne-izolace/298-mineralni-izolace>
- [10] Požadované a doporučené hodnoty součinitele prostupu tepla UN Změna k ČSN 73 0540-2:2002 Tepelná ochrana budov platí od 1.4.2005. *Tzbinfo* [online]. ©2020 [cit. 2020-03-19]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/104->

pozadovane-a-doporucene-hodnoty-soucinitele-prostupu-tepla-un-zmena-k-csn-73-0540-2-2002-tepelna-ochrana-budov-plati-od-1-4-2005

[11] Prostup tepla vícevrstvou konstrukcí a průběh teplot v konstrukci. *Tzbinfo* [online]. ©2020 [cit. 2020-03-19]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/140-prostup-tepla-vicevrstvou-konstrukci-a-prubeh-teplot-v-konstrukci>

[12] Přírodní tepelné izolace. *Chatařchalupář* [online]. [cit. 2020-03-19]. Dostupné z: <https://www.chatar-chalupar.cz/prirodni-tepelne-izolace/>

[13] Růžičková, P. Světlá výška pokojů. *BydletČesky.cz* [online]. 2018 [cit. 2020-03-19]. Dostupné z: <https://www.bydletcesky.cz/svetla-vyska-pokoju/>

[14] Součinitel prostupu tepla a součinitel spárové průvzdušnosti oken a dveří dle ČSN 73 0540-3 (1994). *Tzbinfo* [online]. ©2020 [cit. 2020-05-01]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/32-soucinitel-prostupu-tepla-a-soucinitel-sparove-pruvzdusnosti-okna-a-dveri-dle-csn-73-0540>

[15] Součinitel prostupu tepla oknem. *Vekra* [online]. ©2015 [cit. 2020-03-19]. Dostupné z: <https://www.vekra.cz/slovník-pojmu/soucinitel-prostupu-tepla-oknem/>

[16] Technické parametry oken – o čem se nemluví. *Tzbinfo* [online]. 2013 [cit. 2020-03-19]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/okna-dvere/9551-technicke-parametry-okna-o-cem-se-nemluvi>

[17] TEPELNÉ IZOLACE. *Izolace-info* [online]. 2017 [cit. 2020-03-19]. Dostupné z: https://www.isolace-info.cz/technicke-info/21221-tepelne-izolace-a.html#.Xmi_5HJKipo

[18] Vild, J. Návrh regulace vytápění rodinného domu s vytápěním na tuhá paliva. *Západočeská univerzita v Plzni* [online]. 2013 [cit. 2020-03-19]. Dostupné z: <https://otik.zcu.cz/bitstream/11025/7470/1/Diplomova%20prace.pdf>

[19] Vlastnosti expandovaného pěnového polystyrenu (EPS) Pěnový polystyren pro tepelnou a zvukovou izolaci. *Tzbinfo* [online]. 2012 [cit. 2020-03-19]. Dostupné z: <https://stavba.tzb-info.cz/tepelné-izolace/8482-vlastnosti-expandovaneho-penoveho-polystyrenu-eps>

[20] Vnitřní výpočtové teploty dle ČSN EN 12831 a doporučené relativní vlhkosti vzduchu dle ČSN 06 0210. *Tzbinfo* [online]. ©2020 [cit. 2020-03-19]. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/28-vnitri-vypoctove-teploty-dle-csn-en-12831-a-doporucene-relativni-vlhkosti-vzduchu-dle-csn-06-0210>

[21] Zmrhal, V. Požadavky na větrání obytných budov dle ČSN EN 15 665/Z1. *Tzbinfo* [online]. ©2020 [cit. 2020-03-19]. Dostupné z: <https://vetrani.tzb-info.cz/normy-a-pravni-predpisy-vetrani-klimatizace/8239-pozadavky-na-vetrani-obytnych-budov-dle-csn-en-15-665-z1>

[22] *Výpočet tepelných ztrát budov při ústředním vytápění ČSN 06 0210*. Praha: Český normalizační institut, 1993.

Seznam obrázků a tabulek

Seznam obrázků

Obrázek 1.1 – Modelový dům z boku [Autor].....	10
Obrázek 1.2 – Schéma místností rodinného domu [Autor]	11
Obrázek 1.3 – Spotřeba zemního plynu od roku 2009 do roku 2018	12
Obrázek 1.4 – Zásoby zemního plynu ve světě v mld. m ³	13
Obrázek 2.1 – Příklad pořadí zapisování stavebních konstrukcí	15
Obrázek 2.2 – Příklad značení místností	15
Obrázek 2.3 – Poloha budovy v krajině.....	19
Obrázek 4.1 – Součinitel tepelné vodivosti a teplota desek EPS. Naměřené hodnoty součinitele tepelné vodivosti EPS v závislosti na teplotě, měřeno na zkušebních tělesech o objemové hmotnosti 20 kg/m ³	26
Obrázek 4.2 – Součinitel tepelné vodivosti a objemová hmotnost desek EPS. Naměřené hodnoty součinitele tepelné vodivosti penového polystyrenu v závislosti na objemové hmotnosti naměřené při zkušební teplotě +10 °C.....	26
Obrázek 4.3 – Minerální vlna	28
Graf 7.1 – Porovnání celkové tepelné ztráty původního RD a optimalizovaného RD [Autor].....	34
Graf 7.2 – Porovnání spotřeby tepla původního RD a optimalizovaného RD [Autor]	37
Graf 7.3 – Porovnání ceny za vytápění původního RD a optimalizovaného RD [Autor]	37

Seznam tabulek

Tabulka 3.1 – Charakteristické údaje rodinného domu	21
Tabulka 3.2 – Skladba konstrukce obvodové stěny.....	21
Tabulka 3.3 – Skladba konstrukce stropu	22
Tabulka 3.4 – Skladba konstrukce podlahy	22
Tabulka 3.5 – Rozměrová charakteristika obývacího pokoje.....	22
Tabulka 3.6 – Výpočet základní tepelné ztráty prostupem tepla	23
Tabulka 3.7 – Tepelná ztráta ostatních místností	25
Tabulka 6.1 – Skladba konstrukce obvodové stěny	30
Tabulka 6.2 – Skladba konstrukce podlahy	30

Tabulka 6.3 – Skladba konstrukce stropu	30
Tabulka 6.4 – Rozměrová charakteristika obývacího pokoje	31
Tabulka 6.5 – Výpočet základní tepelné ztráty prostupem tepla	31
Tabulka 6.6 – Tepelná ztráta ostatních místností optimalizovaného domu.....	33
Tabulka 7.1 – Údaje pro výpočet celkové ceny za vytápění obou RD za rok	34